Ejercicio 1

Filtro con GIC

1.1 Introducción: el *general impedance converter*

explicar:cuando se quiere hacer un filtro de segundo orden sin usar bobinas, usamos GIC para simular sus efectos

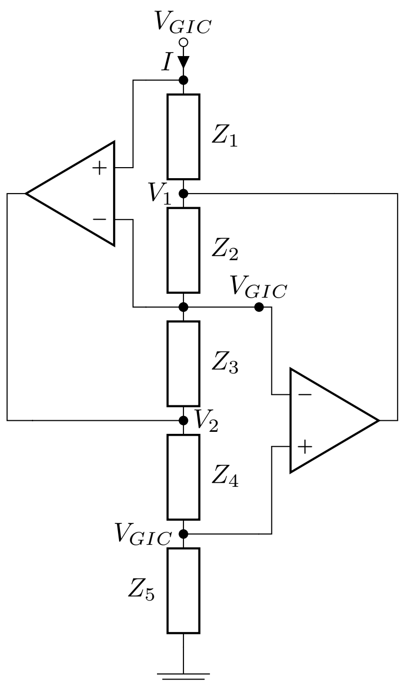

Figura 1.1: GIC genérico con *op amps* ideales

Como consideramos ideales a ambos operacionales, la tensión de entrada se encuentra replicada donde se encuentran los terminales inversores del circuito, y a su vez en la entrada no inversora del segundo operacional. Asimismo, como no hay corriente entre V^+ y V^- para ninguno de los operacionales, hay sólo tres corrientes, puesto que la corriente de Z_2 es la misma que la de Z_3, y la de Z_4 que la de Z_5. Quedan definidas entonces las ecuaciones:

$$\begin{cases} \dfrac{V_{GIC}-V_1}{Z_1} - I = 0 \\ \dfrac{V_{GIC}-V_1}{Z_2} + \dfrac{V_{GIC}-V_2}{Z_3} = 0 \\ \dfrac{V_{GIC}-V_2}{Z_4} + \dfrac{V_{GIC}}{Z_5} = 0 \end{cases}$$

Sustituyendo hacia atrás, podemos obtener la transferencia hasta la salida de cada operacional:

$$\begin{cases} \dfrac{V_1}{V_{GIC}} = -\dfrac{Z_2 \cdot Z_4}{Z_3 \cdot Z_5} \\ \dfrac{V_2}{V_{GIC}} = 1 + \dfrac{Z_4}{Z_5} \end{cases} \tag{1.1}$$

De aquí se puede despejar la impedancia de entrada del GIC, es decir $\frac{V_{GIC}}{I}$:

$$Z = \frac{Z_1 \cdot Z_3 \cdot Z_5}{Z_2 \cdot Z_4} \tag{1.2}$$

De esta forma, combinando las impedancias convenientemente, se pueden obtener impedancias de toda índole (es decir, donde el número Z puede estar teóricamente en cualquier punto del plano complejo).

1.2 Filtro a diseñar

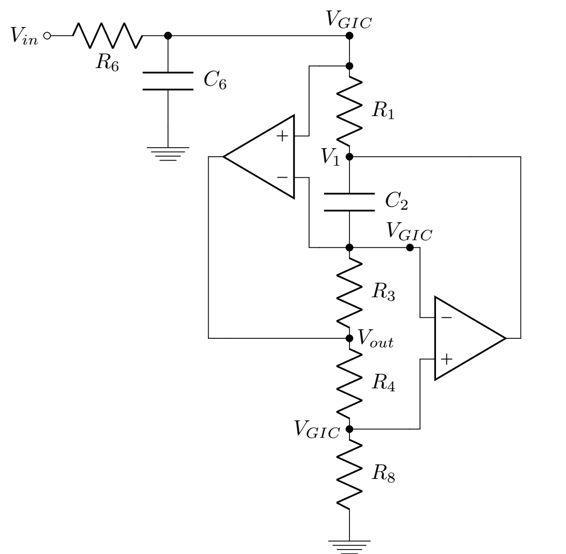

Figura 1.2: Esquema del circuito

El GIC que utilizaremos en este trabajo se obtiene con las siguientes sustituciones:

$$\begin{cases} Z_1 = R_1 \\ Z_2 = \dfrac{1}{s \cdot C_2} \\ Z_3 = R_3 \\ Z_4 = R_4 \\ Z_5 = R_8 \end{cases}$$

Por lo tanto, reemplazando en la ecuación (1.2) obtenemos la impedancia de este GIC:

$$Z(s) = s \cdot \frac{R_1 \cdot R_3 \cdot R_8 \cdot C_2}{R_4} \tag{1.3}$$

Entonces, con esta sección del filtro estamos emulando una bobina ideal de inductancia:

$$L_{GIC} = \frac{R_1 \cdot R_3 \cdot R_8 \cdot C_2}{R_4} \tag{1.4}$$

La salida, sin embargo, se mide dentro del GIC. Trataremos a este sistema como la combinación en cascada de dos sistemas: de V_{in} a V_{GIC}, y de V_{GIC} a V_{out}.

1.2.1 Transferencia de V_{in} a V_{GIC}

Teniendo en cuenta el resultado obtenido en la ecuación (1.3), podemos simplificar el circuito de la siguiente manera:

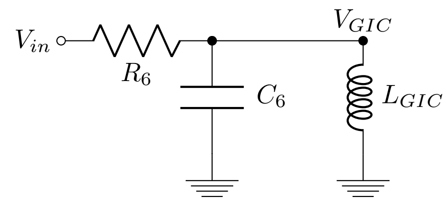

Figura 1.3: Reemplazo del GIC por su inductancia equivalente

La tensión de salida de esta sección, entonces, puede hallarse aplicando un divisor de tensión entre la impedancia de entrada desde V_{in} y del paralelo de la bobina y el capacitor. Se obtiene entonces que:

$$\frac{V_{GIC}}{V_{in}}(s) = \frac{s \cdot \frac{L_{GIC}}{R_6}}{LC_6 \cdot s^2 + \frac{L_{GIC}}{R_6} \cdot s + 1} \tag{1.5}$$

1.2.2 Transferencia de V_{GIC} a V_{out}

Para obtener esta transferencia, basta observar que lo que ahora llamamos V_{out} es lo que en la introducción llamamos V_2. Por lo tanto, reemplazando los valores genéricos de la ecuación (1.1) por los particulares de este circuito, obtenemos que:

$$\frac{V_{out}}{V_{GIC}}(s) = 1 + \frac{R_4}{R_5} \tag{1.6}$$

Por lo tanto, la función transferencia del circuito se obtiene haciendo el producto de las ecuaciones (1.5) y (1.6):

$$H(s) = \left(1 + \frac{R_4}{R_5}\right) \cdot \left(\frac{s \cdot \frac{L_{GIC}}{R_6}}{LC_6 \cdot s^2 + \frac{L_{GIC}}{R_6} \cdot s + 1}\right) \tag{1.7}$$

Esto corresponde a un **filtro pasabanda**, definido por los siguientes parametros:

$$\begin{cases} \omega_0 = \sqrt{\dfrac{1}{L_{GIC} C_6}} \\ Q = R_6 \cdot \sqrt{\dfrac{C_6}{L_{GIC}}} \\ |H(i\omega_0)| = 1 + \dfrac{R_4}{R_5} \end{cases} \tag{1.8}$$

$$\begin{cases} \dfrac{V_1}{V_{GIC}} = -\dfrac{R_4}{R_8} \cdot \dfrac{1}{s \cdot CR_3} \\ \dfrac{V_2}{V_{GIC}} = 1 + \dfrac{R_4}{R_5} \end{cases} \tag{1.9}$$

1.3 Análsis de los componentes del circuito

1.3.1 Función de R_8

Como ya se mencionó, la resistencia R_8 es el compoonente que reemplaza a la Z_5 del análisis genérico. Por lo tanto, se encuentra entre los operacionales que hacen funcionar al GIC y tierra. De la misma forma que en la sección **??** al considerar ideales a los *op amps*, la tensión V_{GIC} se veía replicada de la entrada a los terminales inversores de los operacionales, y de ahí al no inversor del segundo operacional, si R_8 fuese reemplazada por un cable, a la entrada del operacional veríamos simplemente la tensión de tierra, es decir que funcionaría como un cable. Esto también puede verse en la ecuación **??**: se comportaría como una bobina de $0H$, es decir un cable ideal.

Al conectarlo el GIC a R_6 y C_6 en estas condiciones

Por otro lado, hacer este parámetro infinito es equivalente a cortar el cable entre la salida del segundo operacional y tierra: se pierde entonces la referencia a masa. Por lo tanto, la impedancia del GIC se hace infinita (como se ve en la ecuación **??**, con lo cual se hace desp

1.4 Diseño del filtro pasabanda

Las especificaciones de diseño de este filtro son:

$$\begin{cases} \omega_0 = 13,000\dfrac{rad}{s} & \Rightarrow f_0 = 2,079Hz \\ Q = 4 \end{cases} \tag{1.10}$$

Asimismo, se establecen las siguientes relaciones entre los componentes:

R = 2.2k -> C = 34.965nF = 39n serie 330n (0.25%) -> R6 = 4R = 8.8k = 12k //33k (clavado) en mc: de 1.8 a 2.4k -> -13 a +16%